

## CERAMIC SUBSTRATE FOR SEMICONDUCTOR MANUFACTURE/INSPECTION APPARATUS

Publication number: JP2004168658

Publication date: 2004-06-17

Inventor: HIRAMATSU YASUJI; ITO YASUTAKA

Applicant: IBIDEN CO LTD

Classification:

- international: C04B35/581; H01L21/68; H01L21/683; C04B35/581;  
H01L21/67; (IPC1-7): C04B35/581; H01L21/68

- european:

Application number: JP20040037070 20040213

Priority number(s): JP20040037070 20040213; JP20000048338 20000224

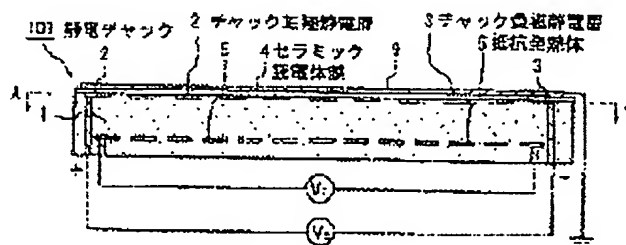
Report a data error here

### Abstract of JP2004168658

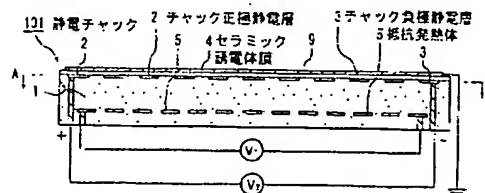
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a ceramic substrate for a semiconductor manufacture/inspection apparatus which is free from the falling-off of particles by polishing and has a flatly formed surface because the ceramic substrate has excellent sintering properties and high density, small inner pore diameter and the firm joint of the particles to each other constituting a sintered compact.

**SOLUTION:** In the ceramic substrate having a conductor formed in the inside or on the surface of a ceramic substrate, the glossiness of the surface of the ceramic substrate is  $\geq 2\%$ .

COPYRIGHT: (C)2004, JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

セラミック基板の表面または内部に導電体が形成されてなる半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、

前記セラミック基板は、その破壊断面が粒子内破壊となるように焼結されてなることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板。

## 【請求項2】

前記セラミック基板は、酸素を含有する窒化物セラミックからなる請求項1に記載の半導体製造・検査装置用セラミック基板。

## 【請求項3】

前記セラミック基板は、反り量が、 $100\mu\text{m}$ 以下である請求項1または2に記載の半導体製造・検査装置用セラミック基板。

## 【請求項4】

前記セラミック基板は、 $100\sim 800^{\circ}\text{C}$ で使用される請求項1～3のいずれか1に記載の半導体製造・検査装置用セラミック基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、主に半導体産業において使用されるセラミック基板に関し、特に、耐電圧が高く、静電チャックに使用した場合には半導体ウエハの吸着能力に優れるとともに、ホットプレート（ヒータ）として使用した場合には昇温降温特性にも優れる半導体製造・検査装置用セラミック基板に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体は種々の産業において必要とされる極めて重要な製品であり、半導体チップは、例えば、シリコン単結晶を所定の厚さにスライスしてシリコンウエハを作製した後、このシリコンウエハに複数の集積回路等を形成することにより製造される。

## 【0003】

この半導体チップの製造工程においては、静電チャック上に載置したシリコンウエハに、エッチング、CVD等の種々の処理を施して、導体回路や素子等を形成する。その際に、デポジション用ガス、エッチング用ガス等として腐食性のガスを使用するため、これらのガスによる腐食から静電電極層を保護する必要があり、また、吸着力を誘起するため、静電電極層は、通常、セラミック誘電体膜等により被覆されている。

## 【0004】

このセラミック誘電体膜として、従来から窒化物セラミックが使用されているが、例えば、特開平5-8140号公報には、窒化アルミニウム等の窒化物を使用した静電チャックが開示されている。また、特開平9-48668号公報には、Al-O-N構造を持つカーボン含有窒化アルミニウムが開示されている。

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ところが、これらのセラミックを使用した静電チャックは、粒子が脱落してこれがウエハ等に付着してパーティクルとなり、半導体ウエハに回路を形成する際の不良発生の原因となっていた。

## 【0006】

また、セラミックには焼結助剤を添加するが、焼結助剤は通常、粒子境界に存在して欠陥となり、高温での曲げ強度等の強度低下を招く。このような問題は、静電チャックに限らず、セラミック基板の表面または内部に導電体が形成されている半導体製造・検査用の種々のセラミック基板に見られることが判った。

## 【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

## 【0007】

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究した結果、セラミック粒子を含む成形体を焼成して焼結体とする際、その破壊断面が粒子内破壊となるように焼結せしめればよいことを知見した。具体的には、窒化物セラミックの粒子の表面を最初に酸化しておき、次に酸化物を添加して焼結を行うことにより、破壊断面が粒子内破壊となるように焼結させることができることを知見し、本発明を完成させたものである。

## 【0008】

すなわち本発明は、その表面または内部に導電体が形成されてなる半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、上記セラミック基板は、その破壊断面が粒子内破壊となるように焼結されてなることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板である。

10

## 【0009】

本発明でいう半導体製造・検査装置とは、セラミックヒータ（ホットプレート）、ウエハフロッパー、静電チャック等の半導体製造、検査に使用される装置をいう。以下、半導体製造・検査装置用セラミック基板のことを、単にセラミック基板ということとする。

## 【0010】

また、本発明でいう粒子内破壊とは、破壊断面を観察した際、セラミック粒子間の境界ではなく、セラミック粒子の内部で破壊が生じている場合を指し、粒内破壊と同義である。セラミック基板は、その破壊断面が粒子内破壊となるように焼結されているため、粒子の脱落が少なく、パーティクルが発生しにくい。また、粒子間に障壁が殆どなく、高温での強度が高い。

20

## 【0011】

また、破壊断面が粒子内破壊となるセラミック基板は、剛性が高いため、反りがなく、高温においても自重による反り量が少ない。特に、直径200mm以上、厚さ25mm以下の大型で、薄いセラミック基板は、高温において、自重による反りが発生しやすい。このため、セラミック基板と半導体ウエハとの間の距離が不均一となるため、半導体ウエハを均一に加熱できなかったり、半導体ウエハに力が加わった場合に、破損したりするという問題があった。本発明では、常温のみならず、高温でも反り量が少ないため、半導体ウエハの均一加熱特性に優れるとともに、ウエハフロッパーに使用した場合に、半導体ウエハが破損することがない。

## 【0012】

また、本発明のセラミック基板は、反り量が、100μm以下であることが望ましい。上記反り量が100μmを超えると、被加熱物である半導体ウエハとセラミック基板との間で距離のばらつきが大きくなるため、半導体ウエハを均一に加熱することができないとともに、ウエハフロッパーに使用した場合に、半導体ウエハが破損することがあるからである。

30

## 【0013】

本発明のセラミック基板は、100～800℃で使用することが望ましい。高温での強度が改善され、反りを防止することができるからである。特に200℃以上で使用するのが最適である。

## 【発明の効果】

40

## 【0014】

本発明のセラミック基板は、その破壊断面が粒子内破壊となるように焼結されてなるので、高温での強度特性にも優れ、パーティクル数が少なく、半導体製造・検査装置用セラミック基板としては最適である。

## 【0015】

本発明においては、例えば、窒化物セラミック原料の粒子の表面を最初に酸化しておき、次に、酸化物を添加して成形、焼成を行うことにより、窒化物セラミックの酸化層と添加した酸化物が一体化した焼結体が形成され、このような焼結体を破壊した場合には、破壊断面が粒子内破壊となる。

## 【0016】

50

この場合、添加する酸化物は窒化物セラミックを構成する元素の酸化物であることが望ましい。窒化物セラミックの表面酸化層と同一であり、極めて焼結させやすくなるからである。窒化物セラミックの表面を酸化するためには、酸素または空気中で500～1000℃で10分～3時間加熱することが望ましい。

#### 【0017】

また、焼結を行う際に用いる窒化物セラミック粉末の平均粒子径は、0.1～5μm程度が好ましい。焼結させやすいからである。さらに、Siの含有量が0.05～50ppm、Sの含有量が0.05～80ppm（いずれも重量）であることが望ましい。これらは、窒化物セラミック表面の酸化膜と添加した酸化物を結合させると考えられるからである。その他の焼成条件については、後の静電チャックの製造方法において詳述する。

10

#### 【0018】

上記方法を用いて焼成を行うことにより得られるセラミック基板は、0.05～10重量%の酸素を含有していることが望ましい。0.05重量%未満では、焼結が進まず粒子境界で破壊が生じ、また、欠陥が生ずるため、高温での曲げ強度が低下し、一方、酸素量が10重量%を超えると、粒子境界に偏析した酸素等が欠陥となり、やはり高温での曲げ強度が低下するからである。本発明では、破壊断面が粒子内破壊となっているかどうかは、2000～5000倍の電子顕微鏡写真により確認する。

#### 【0019】

本発明では、セラミック基板は、酸素を含有する窒化物セラミックからなるとともに、最大気孔の気孔径が50μm以下であることが望ましく、気孔率は5%以下が望ましい。また、上記セラミック基板には、気孔が全く存在しないか、気孔が存在する場合は、その最大気孔の気孔径は、50μm以下であることが望ましい。

20

#### 【0020】

気孔が存在しない場合は、高温での耐電圧が特に高くなり、逆に気孔が存在する場合は、破壊性値が高くなる。このためどちらの設計にするかは、要求特性によって変わるのである。気孔の存在によって破壊性値が高くなる理由が明確ではないが、クラックの進展が気孔によって止められるからであると推定している。

#### 【0021】

本発明で、最大気孔の気孔径が50μm以下であることが望ましいのは、気孔径が50μmを超えると高温、特に200℃以上の耐電圧特性を確保するのが難しくなるからである。最大気孔の気孔径は、10μm以下が望ましい。200℃以上の反り量が小さくなるからである。

30

#### 【0022】

気孔率や最大気孔の気孔径は、焼結時の加圧時間、圧力、温度、SiCやBNなどの添加物で調整する。SiCやBNは焼結を阻害するため、気孔を導入させることができる。

#### 【0023】

最大気孔の気孔径を測定する際には、試料を5個用意し、その表面を鏡面研磨し、2000～5000倍の倍率で表面を電子顕微鏡で10箇所撮影する。そして、撮影された写真で最大の気孔径を選び、50ショットの平均を最大気孔の気孔径とする。

#### 【0024】

気孔率は、アルキメデス法により測定する。焼結体を粉砕して有機溶媒中あるいは水銀中に粉砕物を入れて体積を測定し、粉砕物の重量と体積から真比重を求め、真比重と見かけの比重から気孔率を計算するのである。

40

#### 【0025】

本発明のセラミック基板の直径は200mm以上が望ましい。特に12インチ(300mm)以上であることが望ましい。次世代の半導体ウエハの主流となるからである。

#### 【0026】

本発明のセラミック基板の厚さは、50mm以下が望ましく、特に25mm以下が望ましい。セラミック基板の厚さが25mmを超えると、セラミック基板の熱容量が大きすぎる場合があり、特に、温度制御手段を設けて加熱、冷却すると、熱容量の大きさに起因して

50

温度追従性が低下してしまう場合があるからである。セラミック基板の厚さは、特に5 mm以下が最適である。なお、セラミック基板の厚さは、1 mm以上が望ましい。

#### 【0027】

本発明のセラミック基板を構成するセラミック材料は特に限定されないが、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックが好ましい。上記窒化物セラミックとしては、金属窒化物セラミック、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。また、炭化物セラミックとしては、例えば、炭化ケイ素、炭化チタン、炭化シリコン、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。さらに、酸化物セラミックでは、アルミナ、シリカ、ペリリアなどを使用する。

#### 【0028】

これらの窒化物セラミックの中では、特に窒化アルミニウムが好ましい。熱伝導率が180 W/m・Kと最も高いからである。

#### 【0029】

本発明においては、セラミック基板中に酸化物を含有していることが望ましい。上記酸化物としては、例えば、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、酸化ルビジウム( $\text{Rb}_2\text{O}$ )、酸化リチウム( $\text{Li}_2\text{O}$ )、酸化カルシウム( $\text{CaO}$ )、シリカ( $\text{SiO}_2$ )等が挙げられる。これらの含有量は、0.1~20重量%が好ましい。特に、窒化アルミニウムの場合には、酸化物としてアルミナが好ましく、窒化ケイ素の場合には、酸化物としてシリカが最適である。但し、希土類元素の酸化物は好ましくない。例えば、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Er}_2\text{O}_3$ などを添加すると、粒子境界破壊となりやすいため、好ましくない。

#### 【0030】

本発明では、セラミック基板中に5~5000 PPMのカーボン含有していることが望ましい。カーボン含有させることにより、セラミック基板を黒色化することができ、ヒータとして使用する際に射熱を充分に利用することができ、からである。カーボンは、非晶質のものであっても、結晶質のものであってもよい。非晶質のカーボンを使用した場合には、高温における体積抵抗率の低下を防止することができ、結晶質のものを使用した場合には、高温における熱伝導率の低下を防止することができ、からである。従って、用途によっては、結晶質のカーボンと非晶質のカーボンの両方を併用してもよい。また、カーボンの含有量は、50~2000 PPMがより好ましい。

#### 【0031】

セラミック基板にカーボン含有させる場合には、その明度がJIS Z 8721の規定に基づく値でN6以下となるようにカーボン含有させることが望ましい。この程度の明度を有するものが射熱量、隠蔽性に優れるからである。

#### 【0032】

ここで、明度のNは、理想的な黒の明度を0とし、理想的な白の明度を10とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を10分割し、N0~N10の記号で表示したものである。実際の明度の測定は、N0~N10に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点1位は0または5とする。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0033】

本発明のセラミック基板は、半導体の製造や半導体の検査を行うための装置に用いられるセラミック基板であり、具体的な装置としては、例えば、静電チャック、ホットプレート(セラミックヒータ)、ウエハフローバなどが挙げられる。

#### 【0034】

上記セラミック基板の内部に形成された導電体が抵抗発熱体である場合には、セラミックヒータ(ホットプレート)として使用することができる。

図1は、本発明のセラミック基板の一実施形態であるセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図であり、図2は、図1に示したセラミックヒータの一部を示す部分拡大断面図である。

#### 【0035】

セラミック基板 11 は、円板形状に形成されており、セラミック基板 11 の内部には、温度制御手段としての抵抗発熱体 12 が同心円状のパターンに形成されている。また、これら抵抗発熱体 12 は、互いに近い二重の同心円同士が 1 組の回路として、1 本の線になるように接続され、その回路の両端部に入出力の端子となる外部端子 13 がスルーホール 19 を介して接続されている。

#### 【0036】

また、図 2 に示すように、セラミック基板 11 には貫通孔 15 が設けられ、この貫通孔 15 に支持ピン 26 が挿通され、シリコンウエハ 9 が保持されている。この支持ピン 26 を上下することにより、搬送機からシリコンウエハ 9 を受け取ったり、シリコンウエハ 9 をセラミック基板 11 のウエハ処理面 11a 上に載置して加熱したり、シリコンウエハ 9 をウエハ処理面 11a から一定の間隔で離間させた状態で支持し、加熱したりすることができ、また、セラミック基板 11 の底面 11b には、熱電対等の測温素子を挿入するための有底孔 14 が設けられている。そして、抵抗発熱体 12 に通電すると、セラミック基板 11 は加熱され、これによりシリコンウエハ等の被加熱物の加熱を行うことができる。

#### 【0037】

抵抗発熱体は、セラミック基板の内部に設けてもよく、セラミック基板の底面に設けてもよい。抵抗発熱体を設ける場合は、セラミック基板を囲込む支持容器に、冷却手段としてエアー等の冷媒の吹きつけ口などを設けてもよい。抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設ける場合には、複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは相互に補完するように形成されて、加熱面からみるとどこかの層にパターンが形成された状態が望ましい。例えば、互いに千鳥の配置になっている構造である。本発明では、発熱体は、加熱面の反対側から 60% 以内の位置に配置されることが望ましい。これは、発熱体から加熱面までの距離を確保して、加熱面の温度分布の均一性を確保するためである。

#### 【0038】

抵抗発熱体としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔、金属線等が挙げられる。金属焼結体としては、タングステン、モリブデンから選ばれる少なくとも 1 種が好ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。

#### 【0039】

また、導電性セラミックとしては、タングステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも 1 種を使用することができ、さらに、セラミック基板の底面に抵抗発熱体を形成する場合には、金属焼結体としては、貴金属（金、銀、パラジウム、白金）、ニッケルを使用することが望ましい。具体的には銀、銀-パラジウムなどを使用することができる。上記金属焼結体に使用される金属粒子は、球状、リン片状、もしくは球状とリン片状の混合物を使用することができる。

#### 【0040】

セラミック基板表面に抵抗発熱体を形成する際には、金属中に金属酸化物を添加して焼結してもよい。上記金属酸化物を使用するのは、セラミック基板と金属粒子を密着させるためである。上記金属酸化物により、セラミック基板と金属粒子との密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子の表面はわずかに酸化膜が形成されており、セラミック基板は、酸化物の場合は勿論、非酸化物セラミックである場合にも、その表面には酸化膜が形成されている。従って、この酸化膜が金属酸化物を介してセラミック基板表面で焼結して一体化し、金属粒子とセラミック基板とが密着するのではないかと考えられる。

#### 【0041】

上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ $B_2O_3$ ）、アルミナ、イットリア、チタニアから選ばれる少なくとも 1 種が好ましい。これらの酸化物は、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子とセラミック基板との密着性を改善できるからである。

#### 【0042】

上記金属酸化物は、金属粒子 100 重量部に対して 0.1 重量部以上 10 重量部未満であ

10

20

30

40

50

ることが望ましい。この範囲で金属酸化物を用いることにより、抵抗値が大きくなりすぎず、金属粒子とセラミック基板との密着性を改善することができるからである。

#### 【0043】

また、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 ( $B_2O_3$ )、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合に、酸化鉛が1~10重量部、シリカが1~30重量部、酸化ホウ素が5~50重量部、酸化亜鉛が20~70重量部、アルミナが1~10重量部、イットリアが1~50重量部、チタニアが1~50重量部が好ましい。但し、これらの合計が100重量部を超えない範囲で調整されることが望ましい。これらの範囲が特にセラミック基板との密着性を改善できる範囲だからである。

#### 【0044】

抵抗発熱体をセラミック基板の底面に設ける場合は、抵抗発熱体25の表面は、金属層25aで被覆されていることが望ましい(図5参照)。抵抗発熱体25は、金属粒子の焼結体であり、露出していると酸化しやすく、この酸化により抵抗値が変化してしまう。そこで、表面を金属層25aで被覆することにより、酸化を防止することができるのである。

#### 【0045】

金属層25aの厚さは、0.1~100 $\mu m$ が望ましい。抵抗発熱体の抵抗値を変化させることなく、抵抗発熱体の酸化を防止することができる範囲だからである。被覆に使用される金属は、非酸化性の金属であればよい。具体的には、金、銀、パラジウム、白金、ニッケルから選ばれる少なくとも1種以上が好ましい。なかでもニッケルがさらに好ましい。抵抗発熱体には電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田を介して抵抗発熱体に取り付けるが、ニッケルは半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、コパール製の外部端子を使用することができる。

#### 【0046】

なお、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合は、抵抗発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。抵抗発熱体をヒータ板内部に形成する場合、抵抗発熱体の表面の一部が露出していてもよい。

#### 【0047】

抵抗発熱体として金属箔や金属線を使用することもできる。上記金属箔としては、ニッケル箔、ステンレス箔をエッチング等でパターン形成して抵抗発熱体としたものが望ましい。パターン化した金属箔は、樹脂フィルム等ではり合わせてもよい。金属線としては、例えば、タングステン線、モリブデン線等が挙げられる。

#### 【0048】

上記セラミック基板の内部に形成された導電体が静電電極層である場合には、上記セラミック基板は、静電チャックとして使用することができる。この場合、RF電極や発熱体が静電電極の下部であって、セラミック基板内に導電体として形成されていてもよい。

図3は、本発明に係る静電チャックの一実施形態を模式的に示した縦断面図であり、図4は、図3に示した静電チャックにおけるA-A線断面図である。

#### 【0049】

この静電チャック101では、円板形状のセラミック基板1の内部に、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とからなる静電電極層が埋設されており、この静電電極層の上に薄いセラミック層4(以下、セラミック誘電体膜という)が形成されている。また、静電チャック101上には、シリコンウエハ9が載置され、接地されている。

#### 【0050】

図4に示したように、チャック正極静電層2は、半円弧状部2aと櫛歯部2bとからなり、チャック負極静電層3も、同じく半円弧状部3aと櫛歯部3bとからなり、これらのチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とは、櫛歯部2b、3bを交差するように対向して配置されており、このチャック正極静電層2およびチャック負極静電層3には、それぞれ直流電源の+側と-側とが接続され、直流電圧 $V_2$ が印加されるようになっている。

#### 【0051】

10

20

30

40

50



また、セラミック基板1の内部には、シリコンウエハ9の温度をコントロールするために、図1に示したような平面視同心円形状の抵抗発熱体5が設けられており、抵抗発熱体5の両端には、外部端子が接続、固定され、電圧 $V_1$ が印加されるようになっている。図3、4には示していないが、このセラミック基板1には、図1、2に示したように、測温素子を挿入するための有底孔とシリコンウエハ9を支持して上下させる支持ピン（図示せず）を挿通するための貫通孔が形成されている。なお、抵抗発熱体は、セラミック基板の底面に形成されていてもよい。

#### 【0052】

この静電チャック101を機能させる際には、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とに直流電圧 $V_2$ を印加する。これにより、シリコンウエハ9は、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3との静電的な作用によりこれらの電極にセラミック誘電体膜4を介して吸着され、固定されることとなる。このようにしてシリコンウエハ9を静電チャック101上に固定させた後、このシリコンウエハ9に、CVD等の種々の処理を施す

10

#### 【0053】

上記静電チャック101では、セラミック誘電体膜4は、酸素を含有する窒化物セラミックからなり、また、気孔率が5%以下であり、最大の気孔径が $50\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。また、このセラミック誘電体膜4中の気孔は、お互いに独立した気孔により構成されていることが望ましい。このような構成のセラミック誘電体膜4では、耐電圧を低下させるガス等がセラミック誘電体膜を透過して静電電極を腐食させたり、高温でもセラミック誘電体膜の耐電圧が低下することがない。

20

#### 【0054】

温度制御手段としては、抵抗発熱体12のほかに、ペルチェ素子（図7参照）が挙げられる。温度制御手段としてペルチェ素子を使用する場合は、電流の流れる方向を変えることにより発熱、冷却両方行うことができるため有利である。ペルチェ素子8は、図7に示すように、P型、n型の熱電素子81を直列に接続し、これをセラミック板82などに接合させることにより形成される。ペルチェ素子としては、例えば、シリコン・ゲルマニウム系、ビスマス・アンチモン系、鉛・テルル系材料等が挙げられる。

#### 【0055】

本発明の静電チャックは、例えば、図3、4に示したような構成を有するものである。セラミック基板の材料等については、既に説明したが、以下においては、その他の上記静電チャックを構成する各部材、および、本発明の静電チャックの他の実施形態について、順次、詳細に説明していく。

30

#### 【0056】

本発明の静電チャックで使用されるセラミック誘電体膜は、窒化物セラミックからなることが好ましい。上記窒化物セラミックとしては、上記セラミック基板と同様のものが挙げられる。上記窒化物セラミックは、酸素を含有していることが望ましい。この場合、窒化物セラミックは、焼結が進行しやすくなり、気孔を含んでいる場合にも、この気孔は独立した気孔となり、耐電圧が向上する。

#### 【0057】

上記窒化物セラミックに酸素を含有させるため、通常、窒化物セラミックの原料粉末中に金属酸化物を混合して焼成を行う。上記金属酸化物としては、アルミナ（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）、酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）等が挙げられる。これらの金属酸化物の添加量は、窒化物セラミック100重量部に対して、0.1～10重量部が好ましい。

40

#### 【0058】

セラミック誘電体膜の厚さを、 $50\sim 5000\mu\text{m}$ とすることにより、チャック力を低下させずに十分な耐電圧を確保することができる。上記セラミック誘電体膜の厚さが $50\mu\text{m}$ 未満であると、膜厚が薄すぎるために十分な耐電圧が得られず、シリコンウエハを載置し、吸着した際にセラミック誘電体膜が絶縁破壊する場合があり、一方、上記セラミック誘電体膜の厚さが $5000\mu\text{m}$ を超えると、シリコンウエハと静電電極との距離が遠くなるた

50

め、シリコンウエハを吸着する能力が低くなってしまう。セラミック誘電体膜の厚さは、 $100 \sim 1500 \mu\text{m}$ が好ましい。

【0059】

上記セラミック誘電体膜の気孔率は、5%以下、最大気孔の気孔径は、 $50 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。上記気孔率が5%を超えると、気孔数が増え、また、気孔径が大きくなりすぎ、その結果、気孔同士が連通しやすくなる。このような構造のセラミック誘電体膜では、耐電圧が低下してしまう。さらに、最大気孔の気孔径が $50 \mu\text{m}$ を超えると、酸化物が粒子境界に存在していても、高温での耐電圧を確保できない。気孔率は、0.01~3%が好ましく、最大気孔の気孔径は、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ が好ましい。

【0060】

上記セラミック誘電体膜中には、カーボンが50~5000 P P m含有されていることが望ましい。静電チャック中に設けられた電極パターンを隠蔽することができ、かつ、高射熱が得られるからである。また、体積抵抗率が低い方が、低温域においては、シリコンウエハの吸着能力が高くなる。

【0061】

なお、本発明で、セラミック誘電体膜中にある程度の気孔が存在してもよいとしているのは、破壊性値を高くすることができるからであり、これにより熱衝撃性を改善することができる。

【0062】

上記静電電極としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔等が挙げられる。金属焼結体としては、タングステン、モリブデンから選ばれる少なくとも1種からなるものが好ましい。金属箔も、金属焼結体と同じ材質からなることが望ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、電極として十分な導電性を有するからである。また、導電性セラミックとしては、タングステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも1種を使用することができる。

【0063】

図9および図10は、他の静電チャックにおける静電電極を模式的に示した水平断面図であり、図9に示す静電チャック20では、セラミック基板1の内部に半円形状のチャック正極静電層22とチャック負極静電層23が形成されており、図10に示す静電チャックでは、セラミック基板1の内部に円を4分割した形状のチャック正極静電層32a、32bとチャック負極静電層33a、33bが形成されている。また、2枚の正極静電層22a、22bおよび2枚のチャック負極静電層33a、33bは、それぞれ交差するように形成されている。なお、円形等の電極が分割された形態の電極を形成する場合、その分割数は特に限定されず、5分割以上であってもよく、その形状も扇形に限定されない。

【0064】

本発明における静電チャックとしては、例えば、図3に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部には抵抗発熱体5が設けられた構成の静電チャック101、図5に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の底面に抵抗発熱体25が設けられた構成の静電チャック201、図6に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部に抵抗発熱体である金属線7が埋設された構成の静電チャック301、図7に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の底面に熱電素子81とセラミック板82からなるペルチェ素子8が形成された構成の静電チャック401等が挙げられる。

【0065】

本発明では、図3~7に示したように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部

10

20

30

40

50

に抵抗発熱体5や金属線7が形成されているため、これらと外部端子とを接続するための接続部(スルーホール)16、17が必要となる。スルーホール16、17は、タングステンペースト、モリブデンペーストなどの高融点金属、タングステンカーバイド、モリブデンカーバイドなどの導電性セラミックを充填することにより形成される。

#### 【0066】

また、接続部(スルーホール)16、17の直径は、0.1~10mmが望ましい。断線を防止しつつ、クラックや歪みを防止できるからである。このスルーホールを接続パッドとして外部端子6、18を接続する(図8(d)参照)。

#### 【0067】

接続は、半田、ろう材により行う。ろう材としては銀ろう、パラジウムろう、アルミニウムろう、金ろうを使用する。金ろうとしては、Au-Ni合金が望ましい。Au-Ni合金は、タングステンとの密着性に優れるからである。

#### 【0068】

Au/Niの比率は、[81.5~82.5(重量%)]/[18.5~17.5(重量%)]が望ましい。Au-Ni層の厚さは、0.1~50μmが望ましい。接続を確保するに十分な範囲だからである。また、 $10^{-6}$ ~ $10^{-5}$ Paの高真空で500~1000℃の高温で使用するAu-Cu合金では劣化するが、Au-Ni合金ではこのような劣化がなく有利である。また、Au-Ni合金中の不純物元素量は全量を100重量部とした場合に1重量部未満であることが望ましい。

#### 【0069】

本発明では、必要に応じて、セラミック基板の有底孔に熱電対を埋め込んでおくことができる。熱電対により抵抗発熱体の温度を測定し、そのデータをもとに電圧、電流量を変えて、温度を制御することができるとなる。熱電対の金属線の接合部位の大きさは、各金属線の素線径と同一か、もしくは、それよりも大きく、かつ、0.5mm以下がよい。このような構成によって、接合部分の熱容量が小さくなり、温度が正確に、また、迅速に電流値に変換されるのである。このため、温度制御性が向上してウエハの加熱面の温度分布が小さくなるのである。上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602(1980)に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対が挙げられる。

#### 【0070】

図11は、以上のような構成の本発明の静電チャックを め込むための支持容器41を模式的に示した断面図である。支持容器41には、静電チャック101が断熱材45を介して め込まれるようになっている。また、この支持容器11には、冷媒吹き出し口42が形成されており、冷媒注入口44から冷媒が吹き込まれ、冷媒吹き出し口42を通過して吸引口43から外部に出ていくようになっており、この冷媒の作用により、静電チャック101を冷却することができるようになっている。

#### 【0071】

次に、本発明のセラミック基板を一例である静電チャックの製造方法の一例を図8(a)~(d)に示した断面図に基づき説明する。

(1) まず、窒化物セラミック、炭化物セラミックなどのセラミックの粉体をバインダおよび溶剤と混合してグリーンシート50を得る。前述したセラミック粉体としては、例えば、酸化性雰囲気中で焼成することにより得られた酸素を含有する窒化アルミニウム粉末などを使用することができる。また、必要に応じて、アルミナ、シリカ、イオウなどの焼結助剤、触媒を加えてもよい。

#### 【0072】

なお、後述する静電電極層印刷体51が形成されたグリーンシートの上に積層する数枚または1枚のグリーンシート50'は、セラミック誘電体膜4となる層であるので、必要により、セラミック基板とは別の組成としてもよい。通常、セラミック誘電体膜4の原料とセラミック基板1の原料とは、同じものを使用することが望ましい。これらは、一体として焼結することが多いため、焼成条件が同じになるからである。ただし、材料が異なる場

10

20

30

40

50

合には、まず先にセラミック基板を製造しておき、その上に静電電極層を形成し、さらにその上にセラミック誘電体膜を形成することもできる。

#### 【0073】

また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、アチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。さらに、溶媒としては、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシート50を作製する。

#### 【0074】

グリーンシート50に、必要に応じ、シリコンウエハの支持ピンを挿入する貫通孔、熱電対を埋め込む凹部、スルーホールを形成する部分等に貫通孔を設けておくことができる。貫通孔は、パンチングなどにより形成することができる。グリーンシート50の厚さは、0.1～5mm程度が好ましい。

#### 【0075】

次に、グリーンシート50の貫通孔に導体ペーストを充填し、スルーホール印刷体53、54を得、次に、グリーンシート50上に静電電極層や抵抗発熱体となる導体ペーストを印刷する。印刷は、グリーンシート50の収縮率を考慮して所望のアスペクト比が得られるように行い、これにより静電電極層印刷体51、抵抗発熱体層印刷体52を得る。印刷体は、導電性セラミック、金属粒子などを含む導電性ペーストを印刷することにより形成する。

#### 【0076】

これらの導電性ペースト中に含まれる導電性セラミック粒子としては、タングステンまたはモリブデンの炭化物が最適である。酸化しにくく、熱伝導率が低下しにくいからである。また、金属粒子としては、例えば、タングステン、モリブデン、白金、ニッケルなどを使用することができる。

#### 【0077】

導電性セラミック粒子、金属粒子の平均粒子径は0.1～5 $\mu$ mが好ましい。これらの粒子は、大きすぎても小さすぎても導体用ペーストを印刷しにくいからである。このようなペーストとしては、金属粒子または導電性セラミック粒子85～97重量部、アクリル系、エチルセルロース、アチルセロソルブおよびポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種のバインダ1.5～10重量部、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコール、エチルアルコールおよびブタノールから選ばれる少なくとも1種の溶媒を1.5～10重量部混合して調製した導体用ペーストが最適である。

#### 【0078】

次に、図8(a)に示すように、印刷体51、52、53、54を有するグリーンシート50と、印刷体を有さないグリーンシート50'とを積層する。抵抗発熱体形成側に印刷体を有さないグリーンシート50'を積層するのは、スルーホールの端面が露出して、抵抗発熱体形成の焼成の際に酸化してしまうことを防止するためである。もしスルーホールの端面が露出したまま、抵抗発熱体形成の焼成を行うのであれば、ニッケルなどの酸化しにくい金属をスパッタリングする必要があり、さらに好ましくは、Au-Niの金ろうで被覆してもよい。

#### 【0079】

(2) 次に、図8(b)に示すように、積層体の加熱および加圧を行い、グリーンシートおよび導電ペーストを焼結させる。加熱温度は、1000～2000℃、加圧は100～200kPa/cm<sup>2</sup>が好ましく、これらの加熱および加圧は、不活性ガス雰囲気下で行う。不活性ガスとしては、アルゴン、窒素などを使用することができる。この工程で、スルーホール16、17、チャック正極静電層2、チャック負極静電層3、抵抗発熱体5等が形成される。

#### 【0080】

(3) 次に、図8(c)に示すように、外部端子接続のための袋孔35、36を設ける。

袋孔 35、36 の内壁は、その少なくともその一部が導電化され、導電化された内壁は、チャック正極静電層 2、チャック負極静電層 3、抵抗発熱体 5 等と接続されていることが望ましい。

【0081】

(7) 最後に、図 8 (d) に示すように、袋孔 35、36 に金ろうを介して外部端子 6、18 を設ける。さらに、必要に応じて、有底孔 12 を設け、その内部に熱電対を埋め込むことができる。半田は銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0.1~50  $\mu\text{m}$  が望ましい。半田による接続を確保するに十分な範囲だからである。

【0082】

なお、上記説明では静電チャック 101 (図 3 参照) を例にしたが、静電チャック 201 (図 5 参照) を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック板を製造した後、このセラミック板の底面に導体ペーストを印刷、焼成し、抵抗発熱体 25 を形成し、この後、無電解めっき等により金属層 25a を形成すればよい。また、静電チャック 301 (図 6 参照) を製造する場合は、セラミック粉末中に金属箔、金属線を静電電極や抵抗発熱体にして埋め込み、焼結すればよい。さらに、静電チャック 401 (図 7 参照) を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック板を製造した後、このセラミック板に溶射金属層を介してヘルチエ素子を接合すればよい。

【0083】

本発明のセラミック基板の表面および内部に導電体が配設され、表面の導体層がチャックトップ導体層であり、内部の導電体がガード電極またはグランド電極のいずれが少なくとも一方である場合には、上記セラミック基板は、ウエハフローバとして機能する。

【0084】

図 12 は、本発明のウエハフローバの一実施形態を模式的に示した断面図であり、図 13 は、図 12 に示したウエハフローバにおける A-A 線断面図である。

このウエハフローバ 501 では、円板形状のセラミック基板 63 の表面に平面視同心円形状の溝 67 が形成されるとともに、溝 67 の一部にシリコンウエハを吸引するための複数の吸引孔 68 が設けられており、溝 67 を含むセラミック基板 63 の大部分にシリコンウエハの電極と接続するためのチャックトップ導体層 62 が円形状に形成されている。

【0085】

一方、セラミック基板 63 の底面には、シリコンウエハの温度をコントロールするために、図 1 に示したような平面視同心円形状の発熱体 61 が設けられており、発熱体 61 の両端には、外部端子 (図示せず) が接続、固定されている。また、セラミック基板 63 の内部には、ストレイキャパシタやノイズを除去するために平面視格子形状のガード電極 65 とグランド電極 66 (図 13 参照) とが設けられている。ガード電極 65 とグランド電極 66 の材質は、静電電極と同様のものがよい。

【0086】

上記チャックトップ導体層 62 の厚さは、1~20  $\mu\text{m}$  が望ましい。1  $\mu\text{m}$  未満では抵抗値が高くなりすぎて電極として働かず、一方、20  $\mu\text{m}$  を超えると導体の持つ応力によって剥離しやすくなってしまふからである。

【0087】

チャックトップ導体層 62 としては、例えば、銅、チタン、クロム、ニッケル、貴金属 (金、銀、白金等)、タンガステン、モリブデンなどの高融点金属から選ばれる少なくとも 1 種の金属を使用することができる。

【0088】

このような構成のウエハフローバでは、その上に集積回路が形成されたシリコンウエハを載置した後、このシリコンウエハにテストピンを持つフローカードを押しつけ、加熱、冷却しながら電圧を印加して導通テストを行うことができる。なお、ウエハフローバを製造する場合には、例えば、静電チャックの場合と同様に、初めに抵抗発熱体が埋設されたセラミック基板を製造し、その後、セラミック基板の表面に溝を形成し、続いて、溝が形

10

20

30

40

50

成された表面部分にスパッタリングおよびめっき等を施して、金属層を形成すればよい。

【実施例】

【0089】

以下、本発明をさらに詳細に説明する。

（実施例1）静電チャック（図3参照）の製造

（1）空気中で500℃で1時間焼成した窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径1.1μm）1000重量部、アルミナ（平均粒径：0.4μm）20重量部、アクリルバインダ115重量部、CaS：0.07重量部、シリカ0.03重量部、分散剤5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール530重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

10

【0090】

（2）次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにより直径1.8mm、3.0mm、5.0mmの半導体ウエハ支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0091】

（3）平均粒子径1μmのタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、α-テルビネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製した。平均粒子径3μmのタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、α-テルビネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。この導電性ペーストAをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、同心円パターンとした。また、他のグリーンシートに図4に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

20

【0092】

さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。上記処理の終わったグリーンシート50に、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシート50'を上側（加熱面）に34枚、下側に13枚積層し、その上に静電電極パターンからなる導体ペースト層を印刷したグリーンシート50を積層し、さらにその上にタングステンペーストを印刷していないグリーンシート50'を2枚積層し、これら

30

【0093】

（4）次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力150kPa/cm<sup>2</sup>で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230mmの円板状に切り出し、内部に厚さ6μm、幅10mmの抵抗発熱体5および厚さ10μmのチャック正極静電層2、チャック負極静電層3を有する窒化アルミニウム製の板状体とした（図7（b））。

【0094】

（5）次に、（4）で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるプラスト処理で表面に熱電対のための有底孔（直径：1.2mm、深さ：2.0mm）を設けた。

40

【0095】

（6）さらに、スルーホールが形成されている部分をえぐり取って袋孔35、36とし（図7（c））、この袋孔35、36にNi-Auからなる金ろうを用い、700℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子6、18を接続させた（図7（d））。なお、外部端子の接続は、タングステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

【0096】

（7）次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、抵抗発熱体を有する静電チャックの製造を完了した。

50

## 【0097】

(実施例2) 静電チャック(図5参照)の製造

(1) 空气中で500℃で1時間焼成した窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径1.1 $\mu$ m)1000重量部、アルミナ(平均粒径:0.4 $\mu$ m)20重量部、アクリルバインダ115重量部、シリカ0.03重量部、分散剤5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール530重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

## 【0098】

(2) 次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにより直径1.8mm、3.0mm、5.0mmの半導体ウエハ支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

10

## 【0099】

(3) 平均粒子径1 $\mu$ mのタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製した。平均粒子径3 $\mu$ mのタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。この導電性ペーストAをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、図10に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

## 【0100】

さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。上記処理の終わったグリーンシート50に、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシート50'を上側(加熱面)に1枚、下側に48枚積層し、これらを130℃、80k $\Phi$ /cm<sup>2</sup>の圧力で圧着して積層体を形成した。

20

## 【0101】

(4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力150k $\Phi$ /cm<sup>2</sup>で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230mmの円板状に切り出し、内部に厚さ15 $\mu$ mのチャック正極静電層2およびチャック負極静電層3を有する窒化アルミニウム製の板状体とした。

## 【0102】

(5) 上記(4)で得た板状体の底面にマスクを載置し、S i C等によるプラスト処理で表面に熱電対のための凹部(図示せず)等を設けた。

30

## 【0103】

(6) 次に、ウエハ載置面に対向する面(底面)に抵抗発熱体を形成するための導体ペーストを印刷した。導電ペーストは、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。この導電ペーストは、銀/鉛ペーストであり、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素、アルミナからなる金属酸化物(それぞれの重量比率は、5/55/10/25/5)を銀100重量部に対して7.5重量部含むものであった。また、銀の形状は平均粒径4.5 $\mu$ mでリン片状のものであった。

40

## 【0104】

(7) 導電ペーストを印刷した板状体を780℃で加熱焼成して、導電ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板に焼き付けた。さらに硫酸ニッケル30 $\Phi$ /l、ほう酸30 $\Phi$ /l、塩化アンモニウム30 $\Phi$ /lおよびロッシェル塩60 $\Phi$ /lを含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に板状体を浸漬して、銀の焼結体25の表面に厚さ1 $\mu$ m、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケルからなる金属層25 $\alpha$ を析出させた。この後、板状体に、120℃で3時間アニーリング処理を施した。銀の焼結体からなる抵抗発熱体は、厚さが5 $\mu$ m、幅2.4mmであり、面積抵抗率が7.7m $\Omega$ /□であった。

## 【0105】

50

(8) 次に、セラミック基板にスルーホール16を露出させるための袋孔を設けた。この袋孔にNi-Au合金(Au81.5重量%、Ni18.4重量%、不純物0.1重量%)からなる金ろうを用い、970℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子を接続させた。また、抵抗発熱体に半田(スズ9/鉛1)を介してコパール製の外部端子を形成した。

#### 【0106】

(9) 次に、温度制御のための複数熱電対を凹部に埋め込み、静電チャック201を得た。

#### 【0107】

(10) 次に、この静電チャック201を図11の断面形状を有するステンレス製の支持容器41にセラミックファイバー(イビデン社製 商品名 イビウール)からなる断熱材45を介してめ込んだ。この支持容器41は冷却ガスの冷媒吹き出し口42を有し、静電チャック201の温度調整を行うことができる。この支持容器41にめ込まれた静電チャック201の抵抗発熱体25に通電を行って、温度を上げ、また、支持容器に冷媒を流して静電チャック201の温度を制御したが、極めて良好に温度を制御することができた。

#### 【0108】

(実施例3) 静電チャック301(図6)の製造

(1) 厚さ10 $\mu$ mのタングステン箔を打抜き加工することにより図9に示した形状の電極2枚を形成した。この電極2枚とタングステン線を、空気中で500℃で1時間焼成した窒化ケイ素粉末(平均粒径1.1 $\mu$ m)45重量部、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(平均粒径0.5 $\mu$ m)15重量部、SiO<sub>2</sub>(平均粒径0.5 $\mu$ m)40重量部、アクリル系樹脂バインダ(三井化学製SA-545 酸価1.0)8重量部とともに、成形型中に入れて窒素ガス中で1890℃、圧力150kPa/cm<sup>2</sup>で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを直径230mmの円板状に切り出して板状体とした。このとき、静電電極層の厚さは、10 $\mu$ mであった。

#### 【0109】

(2) この板状体に対し、実施例1の(5)～(7)の工程を実施し、静電チャック301を得た。

#### 【0110】

(実施例4) 静電チャック401(図7)の製造

実施例2の(1)～(5)の工程を実施した後、さらに底面にニッケルを溶射し、この後、鉛・テルル系のペルチェ素子を接合させることにより、静電チャック401を得た。このようにして製造した静電チャックは、降温特性に優れ、ペルチェ素子を冷却したところ450℃から100℃まで3分で降温した。

#### 【0111】

(実施例5) ウエハフロッパ501(図12参照)の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径1.1 $\mu$ m)100.0重量部、アルミナ(平均粒径:0.4 $\mu$ m)20重量部、アクリルバインダ115重量部、ポリエーテルスルホン5重量部、シリカ0.03重量部、分散剤5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール530重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

#### 【0112】

(2) 次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにて発熱体と外部端子と接続するためのスルーホール用の貫通孔を設けた。

#### 【0113】

(3) 平均粒子径1 $\mu$ mのタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 $\alpha$ -テルビネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導電性ペーストAとした。また、平均粒子径3 $\mu$ mのタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 $\alpha$ -テルビネオール溶媒を3.7重量部、分散剤0.

10

20

30

40

50



2重量部を混合して導電性ペーストBとした。

【0114】

次に、グリーンシートに、この導電性ペーストAを用いたスクリーン印刷で、格子状のガード電極用印刷体、グラウンド電極用印刷体を印刷した。また、外部端子と接続するためのスルーホール用の貫通孔に導電性ペーストBを充填した。

【0115】

さらに、印刷されたグリーンシートおよび印刷がされていないグリーンシートを50枚積層して130℃、80kPa/cm<sup>2</sup>の圧力で一体化することにより積層体を作製した。

【0116】

(4) 次に、この積層体を窒素ガス中で600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力150kPa/cm<sup>2</sup>で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。得られた板状体を、直径300mmの円形状に切り出してセラミック製の板状体とした。スルーホール16の大きさは、直径0.2mm、深さ0.2mmであった。

【0117】

また、ガード電極65、グラウンド電極66の厚さは10μm、ガード電極65の形成位置は、ウエハ載置面から1mm、グラウンド電極66の形成位置は、ウエハ載置面から1.2mmであった。また、ガード電極65およびグラウンド電極66の導体非形成領域66aの1辺の大きさは、0.5mmであった。

【0118】

(5) 上記(4)で得た板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるプラスト処理で表面に熱電対のための凹部およびウエハ吸着用の溝67(幅0.5mm、深さ0.5mm)を設けた。

【0119】

(6) さらに、ウエハ載置面に対向する面に発熱体61を形成するための層を印刷した。印刷は導電ペーストを用いた。導電ペーストは、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。この導電ペーストは、銀/鉛ペーストであり、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素、アルミナからなる金属酸化物(それぞれの重量比率は、5/55/10/25/5)を銀100重量部に対して7.5重量部含むものであった。また、銀の形状は平均粒径4.5μmでリン片状のものであった。

【0120】

(7) 導電ペーストを印刷したセラミック基板を780℃で加熱焼成して、導電ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板63に焼き付けた。さらに硫酸ニッケル30g/l、ほう酸30g/l、塩化アンモニウム30g/lおよびロッシェル塩60g/lを含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴にヒータ板を浸漬して、銀の焼結体からなる抵抗発熱体61の表面に厚さ1μm、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケル層(図示せず)を析出させた。この後、ヒータ板は、120℃で3時間アニーリング処理を施した。銀の焼結体からなる発熱体は、厚さが5μm、幅2.4mmであり、面積抵抗率が7.7mΩ/□であった。

【0121】

(8) 溝67が形成された面に、スパッタリング法により、順次、チタン層、モリブデン層、ニッケル層を形成した。スパッタリングのための装置は、日本真空技術株式会社製のSV-4540を使用した。スパッタリングの条件は気圧0.6Pa、温度100℃、電力200Wであり、スパッタリング時間は、30秒から1分の範囲内で、各金属によって調整した。得られた膜の厚さは、蛍光X線分析計の画像から、チタン層は0.3μm、モリブデン層は2μm、ニッケル層は1μmであった。

【0122】

(9) 硫酸ニッケル30g/l、ほう酸30g/l、塩化アンモニウム30g/lおよびロッシェル塩60g/lを含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に、上記(8)で得られたセラミック板を浸漬し、スパッタリングにより形成された金属層の表面に厚さ7

10

20

30

40

50

$\mu\text{m}$ 、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケル層を析出させ、120℃で3時間アニーリングした。発熱体表面は、電流を流さず、電解ニッケルめっきで被覆されない。

#### 【0123】

さらに、表面にシアン化金カリウム2g/l、塩化アンモニウム75g/l、クエン酸ナトリウム50g/lおよび次亜リン酸ナトリウム10g/lを含む無電解金めっき液に、93℃の条件で1分間浸漬し、ニッケルめっき層上に厚さ1 $\mu\text{m}$ の金めっき層を形成した。

#### 【0124】

(10) 溝67から裏面に抜ける空気の吸引孔68をドリル加工により形成し、さらにスルーホール16を露出させるための袋孔(図示せず)を設けた。この袋孔にNi-Au合金(Au81.5重量%、Ni18.4重量%、不純物0.1重量%)からなる金ろうを用い、970℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子を接続させた。また、発熱体に半田(スズ90重量%/鉛10重量%)を介してコパール製の外部端子を形成した。

10

#### 【0125】

(11) 次に、温度制御のための複数熱電対を凹部に埋め込み、ヒータ付きのウエハフローバヒータ201を得た。このヒータ付きウエハフローバを200℃まで昇温したところ、約20秒で200℃まで昇温した。

#### 【0126】

##### (実施例6)

静電チャックの大きさを直径330mm、厚さ3mmとした以外は、実施例1と同様にし

20

#### 【0127】

##### (比較例1)

(1) 窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径1.1 $\mu\text{m}$ )100重量部、イットリア(平均粒径:0.4 $\mu\text{m}$ )4重量部、アクリルバインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-アタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシート50を得たほかは、実施例1と同様にして、静電チャックを製造した。

#### 【0128】

##### (比較例2)

窒化アルミニウム粉末を空気中で焼成せず、シリカ等を添加しなかった以外は、実施例2と同様にして静電チャックを製造した。窒化アルミニウム粉末中の酸素含有量は、0.01重量%と推定される。なお、このような焼結体の表面を研磨して、電子顕微鏡(SEM)で観察したが、結晶粒子の境界はほとんど見られなかった。しかし、破壊断面には、粒子境界破壊があった。

30

#### 【0129】

##### (比較例3)

イットリアを4重量部添加した以外は、実施例2と同様にして、静電チャックを製造した。

#### 【0130】

##### (比較例4)

静電チャックの大きさを直径330mm、厚さ3mmとした以外は、比較例1と同様にし

40

#### 【0131】

##### (比較例5)

静電チャックの大きさを直径330mm、厚さ3mmとした以外は、比較例2と同様にし

#### 【0132】

##### (試験例)

窒化アルミニウムの焼成時間をさらに10時間とした以外は、実施例1と同様にして、静

50

電チャックを製造した。

【0133】

上記工程を経て得られた実施例1～6、比較例1～5、試験例に係る静電チャックおよびウエハフローパについて、以下の指標で評価した。

【0134】

評価方法

(1) 破壊断面の観察

破壊断面を電子顕微鏡にて2000倍で観察し、粒子内破壊であるか否かを確認した。図14に実施例1の破壊断面の走査型電子顕微鏡(SEM)写真、図15に比較例1の破壊断面のSEM写真を添付した。

【0135】

(2) パーティクル数

静電チャックにウエハをチャックした後、ウエハの任意の10箇所を電子顕微鏡で観察撮影して粒子径0.2μm以上のものの個数を計測し、撮影視野面積で除した。

【0136】

(3) 強度の測定

強度の測定は、インストロン万能試験機(4507型 ロードセル500kgf)を用い、温度が400℃、200℃(実施例5)の大気中、クロスヘッド速度:0.5mm/分、スパン距離L:30mm、試験片の厚さ:3.06mm、試験片の幅:4.03mmで実施し、以下の計算式(1)を用いて3点曲げ強度σ(kgf/mm<sup>2</sup>)を算出した。なお、表1では、単位を換算して、MPaで表現している。

【0137】

$$\sigma = 3PL / 2wt^2 \quad \dots (1)$$

【0138】

上記計算式(1)中、Pは、試験片が破壊したときの最大荷重(kgf)であり、Lは、下支点間の距離(30mm)であり、tは、試験片の厚さ(mm)であり、wは、試験片の幅(mm)である。

【0139】

(4) 酸素量

タングステン乳鉢で粉碎して、0.01gを採取し、加熱温度2200℃、加熱時間30秒間の条件で酸素・窒素同時分析装置により分析を行った。

【0140】

(5) 反り量

真空中で600℃に昇温した後、レーザ変位計により測定した。なお、測定は、直径10mmの範囲で行った。

【0141】

【表 1】

	パーティクル数 (個/cm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (MPa)	破壊面	酸素量 (wt%)	反り量 ( $\mu$ m)
実施例1	30	440	粒子内破壊	1.4	—
実施例2	34	430	粒子内破壊	1.5	—
実施例3	35	420	粒子内破壊	7.0	—
実施例4	32	400	粒子内破壊	1.5	—
実施例5	—	400	粒子内破壊	1.5	—
実施例6	30	440	粒子内破壊	1.4	25
比較例1	200	350	粒界破壊	1.6	—
比較例2	250	350	粒界破壊	$\leq 0.01$	—
比較例3	250	350	粒界破壊	1.6	—
比較例4	250	350	粒界破壊	1.6	105
比較例5	250	350	粒界破壊	$\leq 0.01$	110
試験例	200	350	粒界破壊	11	—

## 【0142】

図14、15に示したSEM写真より明らかなように、実施例1に係る静電チャックを構成するセラミック基板では、粒子内破壊の断面となっており、比較例1の静電チャックを構成するセラミック基板では、粒子境界破壊の断面となっている。また、上記表1から明らかなように、実施例1～6に係るホットフレート付き静電チャックでは高温での曲げ強度にも優れ、静電チャック上に載置したシリコンウエハ上のパーティクル数も少ない。

## 【0143】

このように、高温での曲げ強度が高い理由は明確ではないが、粒子境界に酸素等の不純物の存在が少なく、みかけ上欠陥が少ないからであると推定している。また、破壊断面は、全部が粒子内破壊である必要はなく、電子顕微鏡(図14)で示すように、大部分が粒子内破壊であればよく、粒子境界破壊が含まれていてもよい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0144】

10

20

30

40

50

【図 1】本発明のセラミック基板を用いたセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図である。

【図 2】図 1 に示したセラミックヒータの部分拡大断面図である。

【図 3】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図 4】図 3 に示したセラミックヒータの A-A 線断面図である。

【図 5】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図 6】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図 7】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図 8】(a)～(d)は、図 5 に示した静電チャックの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 9】本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図 10】本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図 11】本発明に係る静電チャックを支持容器に め込んだ状態を模式的に示した断面図である。

【図 12】本発明のセラミック基板を用いたウエハフローバを模式的に示した断面図である。

【図 13】図 12 に示したウエハフローバのガード電極を模式的に示した断面図である。

【図 14】実施例 1 に係る静電チャックを構成するセラミック基板の破壊断面を示した SEM 写真である。

【図 15】比較例 1 に係るに係る静電チャックを構成するセラミック基板の破壊断面を示した SEM 写真である。

#### 【符号の説明】

#### 【0145】

1、11、63 セラミック基板

2、22、32a、32b チャック正極静電層

3、23、33a、33b チャック負極静電層

2a、3a 半円弧状部

2b、3b 櫛歯部

4 セラミック誘電体膜

5、12、25、61 抵抗発熱体

6、13、18 外部端子

7 金属線

8 ヘルチエ素子

9 シリコンウエハ

10 セラミックヒータ

14 有底孔

15 貫通孔

16、17、19 スルーホール

20、30、101、201、301、401 静電チャック

25a 金属被覆層

35、36 袋孔

41 支持容器

42 冷媒吹き出し口

43 吸入口

10

20

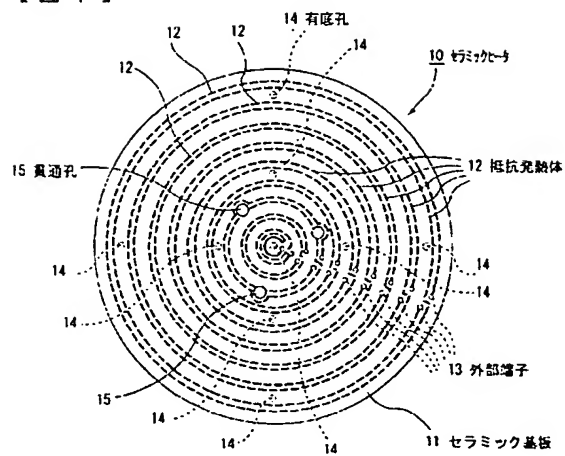
30

40

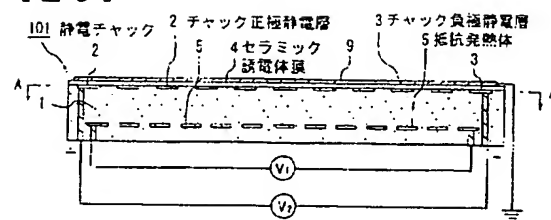
50

- 4 4 冷媒注入口
- 4 5 断熱材
- 6 2 チャックトップ導体層
- 6 5 ガード電極
- 6 6 グランド電極
- 6 6 a 電極非形成領域
- 6 7 溝
- 6 8 吸引孔
- 5 0 1 ウエハローバ

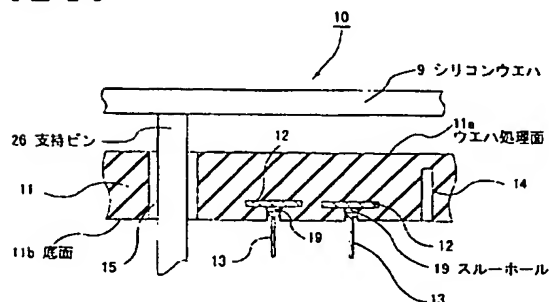
【図 1】



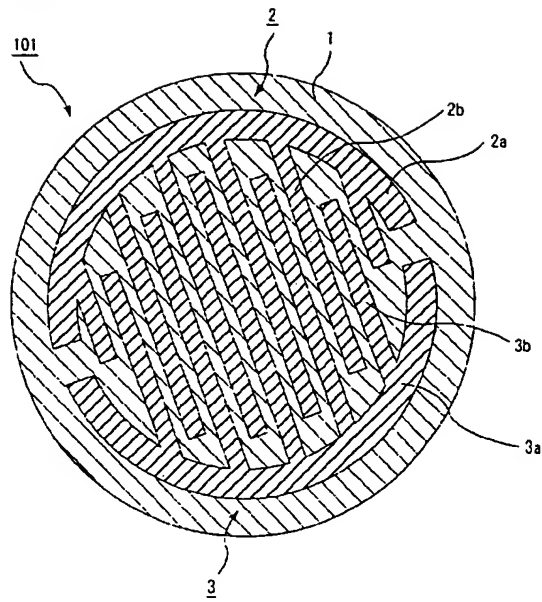
【図 3】



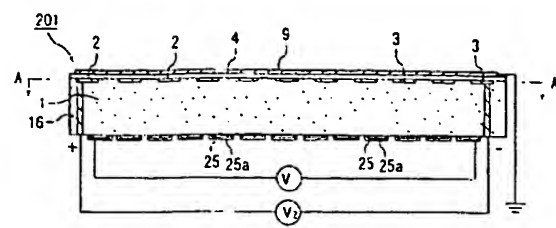
【図 2】



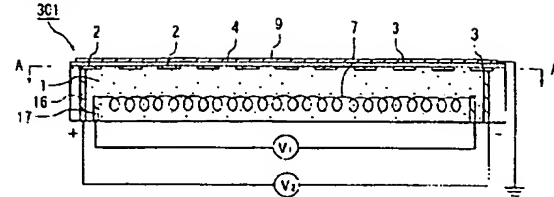
【図 4】



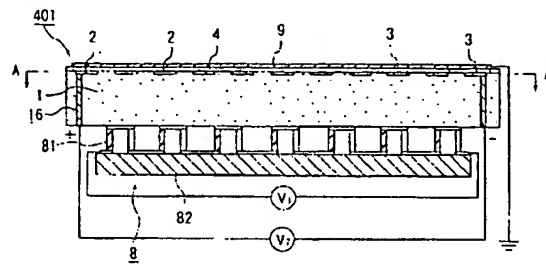
【図 5】



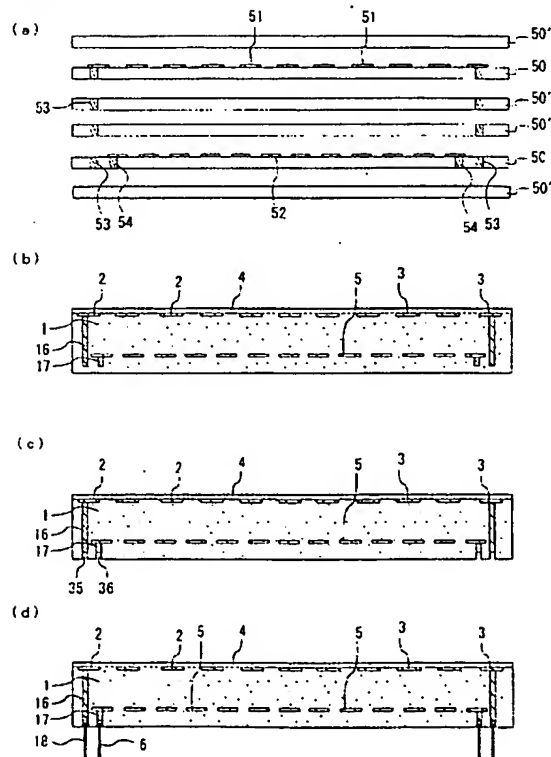
【図 6】



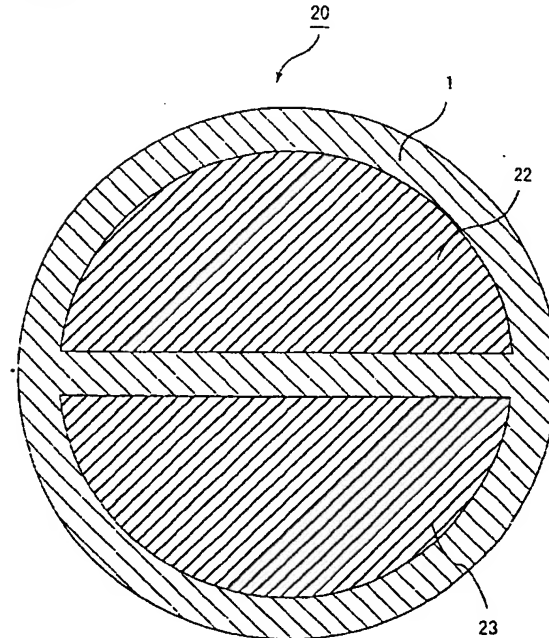
【図 7】



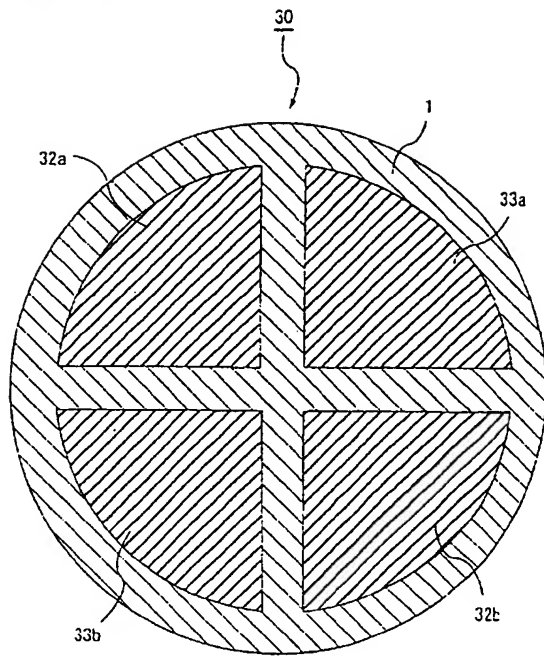
【図 8】



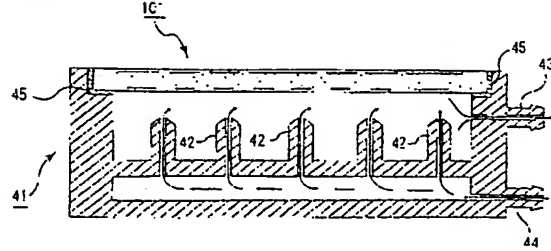
【図 9】



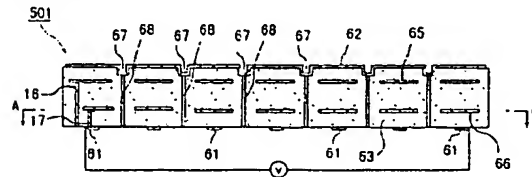
【図10】



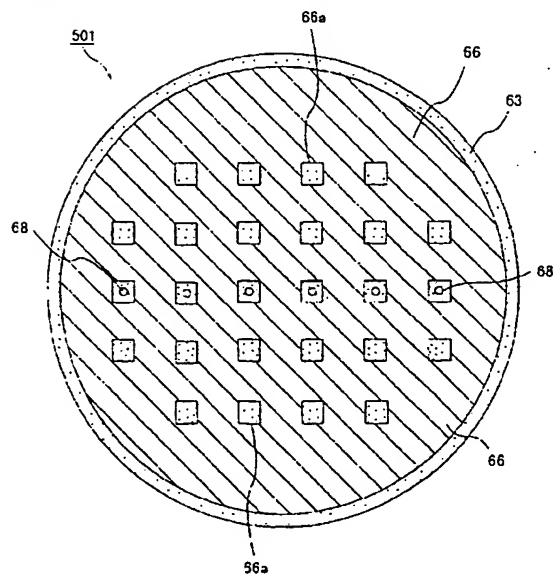
【図11】



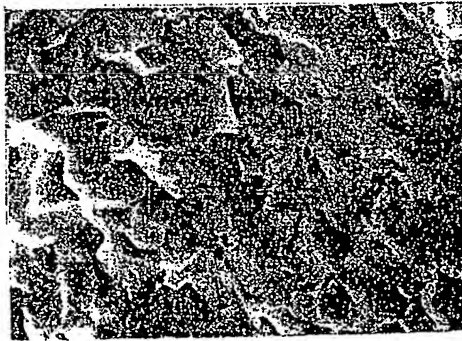
【図12】



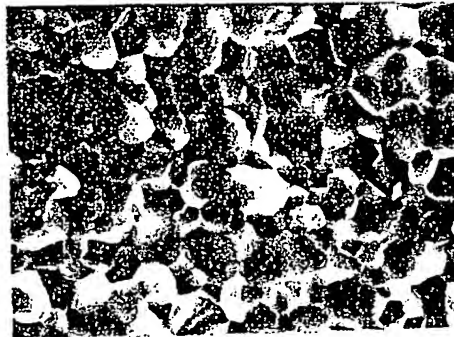
【図13】



【図14】



【図15】





---

フロントページの続き

Fターム(参考) 4G001 BA03 BA04 BA36 BA73 BB03 BB04 BB36 BB73 BC02 BC17  
BD14 BD38  
5F031 CA02 HA02 HA03 HA08 HA18 HA37 HA39 MA33 PA11